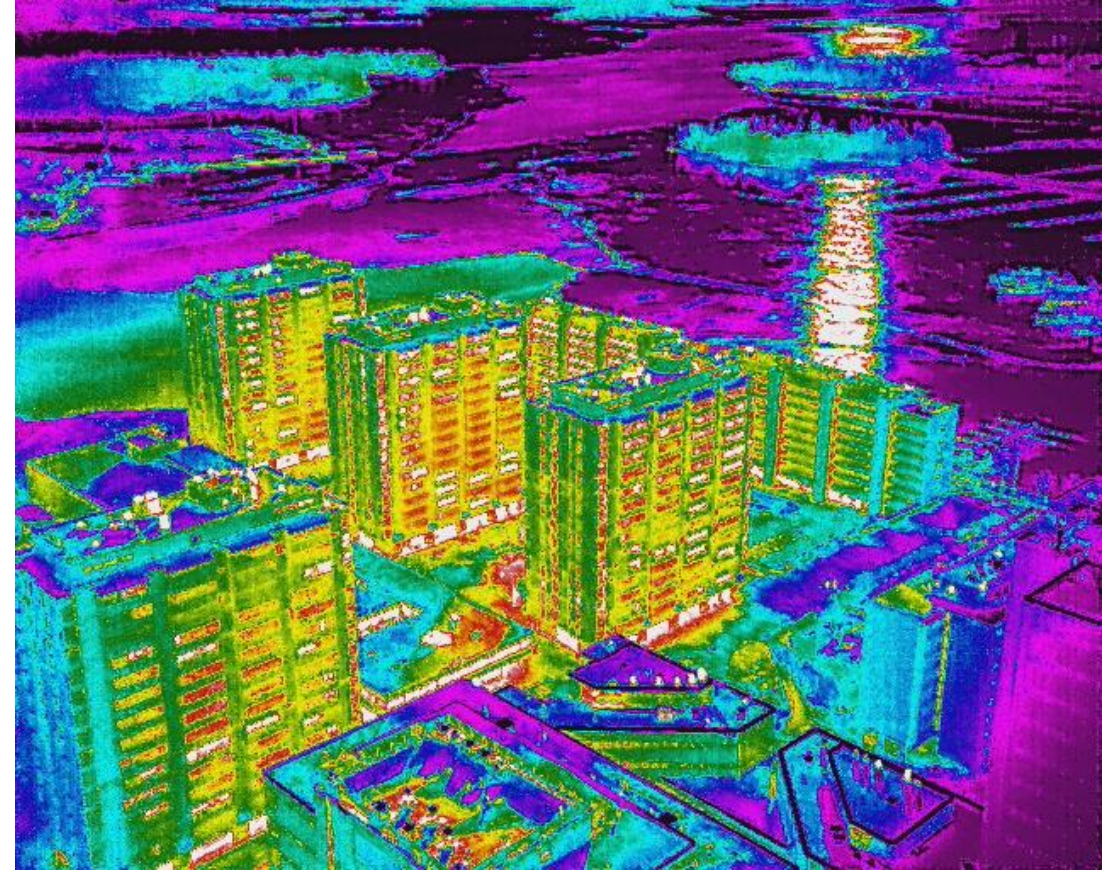


# *Rakennusten lämpökuvaus miehittämättömällä ilma-aluksella (UAV)*



Sauli Paloniitty RI YAMK

Opinnäytetyö, Rakennusterveysasiantuntija  
RTA 2019 – 2020

# ***Rakennusten lämpökuvaus miehittämättömällä ilma-aluksella (UAV)***

Tutkimusprojekti 1.2.2019-30.5.2020

Tavoite 1:

Miten ilmalämpökuvausta voidaan hyödyntää rakennuksien tutkimisissa, niin laadunvalvonnassa, ongelmaratkaisuissa sekä kuntotutkimuksen apuna?

Tavoite 2:

Arvioida eri kriteerein mitkä ovat UAV lämpökuvauksen hyödyt suhteessa perinteiseen lämpökuvaukseen?

Tutkimus:

Tutkitaan 13 erilaista rakennuskohdetta hyödyntäen niissä ilmalämpökuvausta osana kokonaisvaltaista tutkimusta.



# Kalustot

## VideoDrone® X4S

Workswell WIRIS 640 x 512 px lämpökamera

Erottelukyky 0,03



## Matrice M210 RTK

Flir 640 x 512 px lämpökamera

Erottelukyky 0,05



# Kuvauksen tekninen suoritus

Sääolosuhteilla suuri merkitys!

Auringon aiheuttama lämpösäteily huomioitava!

Kuvausmatkat 20-30m  
= lentokorkeus yleensä alle 50m

## TURVALLISUUS:

1. Max lentokorkeus 150m
2. Lentorajoitusalueet tarkastettava aina ennen lentoa [www.droneinfo.fi](http://www.droneinfo.fi)
3. Lainsäädäntö muuttuu 1.7.2020 jossa mm. edellytetään lentäjän rekisteröitymistä sekä verkkokoulutusta.



# Työn tavoitteiden käsittely

Tavoite 1:

Miten ilmalämpökuvausta voidaan hyödyntää rakennuksien tutkimisissa, niin laadunvalvonnassa, ongelmaratkaisuissa sekä kuntotutkimuksen apuna?

**Tästä lukuisi esimerkkejä joista koostetaulukot.**

# Työn tavoitteiden käsittely

## Tavoite 2:

Arvioida eri kriteerein mitkä ovat UAV lämpökuvauksen hyödyt suhteessa perinteiseen lämpökuvaukseen?

Ilmalämpökuvauksen hyötyjä arvioitiin 5 eri kriteerillä jokaisessa tutkimuskohteessa. Käytetyt arviointikriteerit ovat:

- A. aikasäästö joka sisältää tutkimukseen käytetty aika suhteessa perinteiseen lämpökuvaukseen,
- B. kustannussäästö jolla arvioidaan tutkimukseen käytettyjen apuvälineiden kuten henkilönostimien ja muiden kulujen vaikutusta,
- C. työturvallisuuden parantuminen suhteessa perinteiseen lämpökuvaukseen,
- D. havainnoin selkeys jolla arvioidaan miten selkeästi havainto paikallistetaan suhteessa perinteiseen lämpökuvaukseen,
- E. muiden tutkimustarpeiden poistuminen.

# Työn tavoitteiden käsittely

## Tavoite 2:

Arvioida eri kriteerein mitkä ovat UAV lämpökuvauksen hyödyt suhteessa perinteiseen lämpökuvaukseen?

Arviointiasteikkona on käytetty numeroarvosanoja 0-5. Arviointiasteikkoa on käytetty esimerkiksi seuraavilla arvosteluilla:

5 = vika havaittavissa vain UAV-kuvauksella,

4 = vika havaitaan UAV:n avulla selkeästi varmemmin kuin perinteisellä kuvauksella

3 = UAV:n avulla vikakohta havaittiin

2 = UAV kuvauksella vika voidaan havaita mutta se ei ole selkeä havainto

1 = Vikaa ei havaita UAV kuvauksella

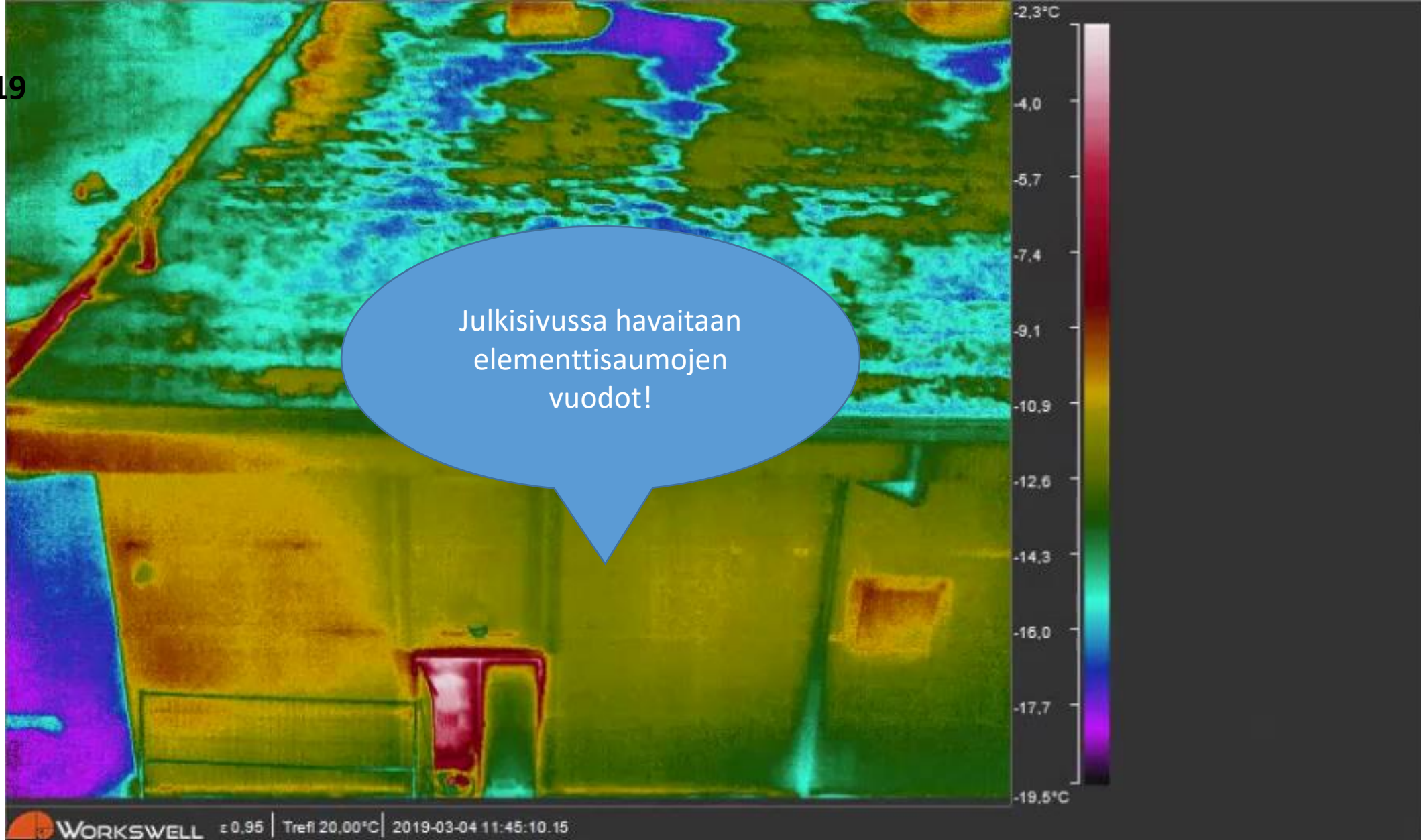
0 = UAV kuvausta ei voida käyttää ollenkaan.



**Esim.1**  
**Kauppakeskus 2019**

**Julkisivun  
saumavuotojen  
kuvaus.**

**Kohde  
ylipaineistettu!**





**Esim. 2**  
**Liikekiinteistöt 2018**

**Jääpuikko-ongelmia.**

**Kattojen**  
**eristevirheiden**  
**kuvaus.**

**Käyttötilanne!**

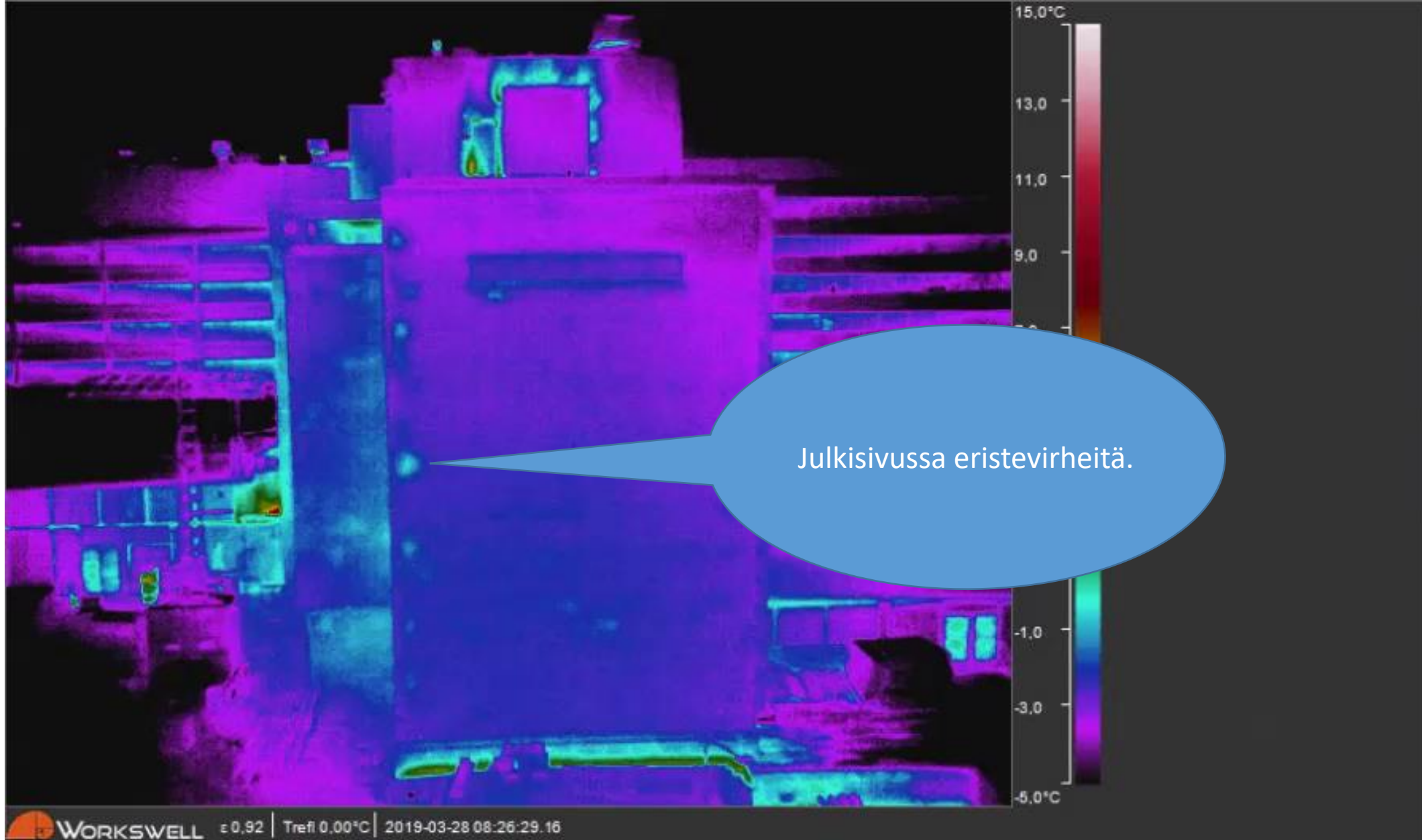


**Esim. 3**

**Toimistorakennus  
1990**

**Ulkoseinien  
eristevirheiden  
kuvaus!**

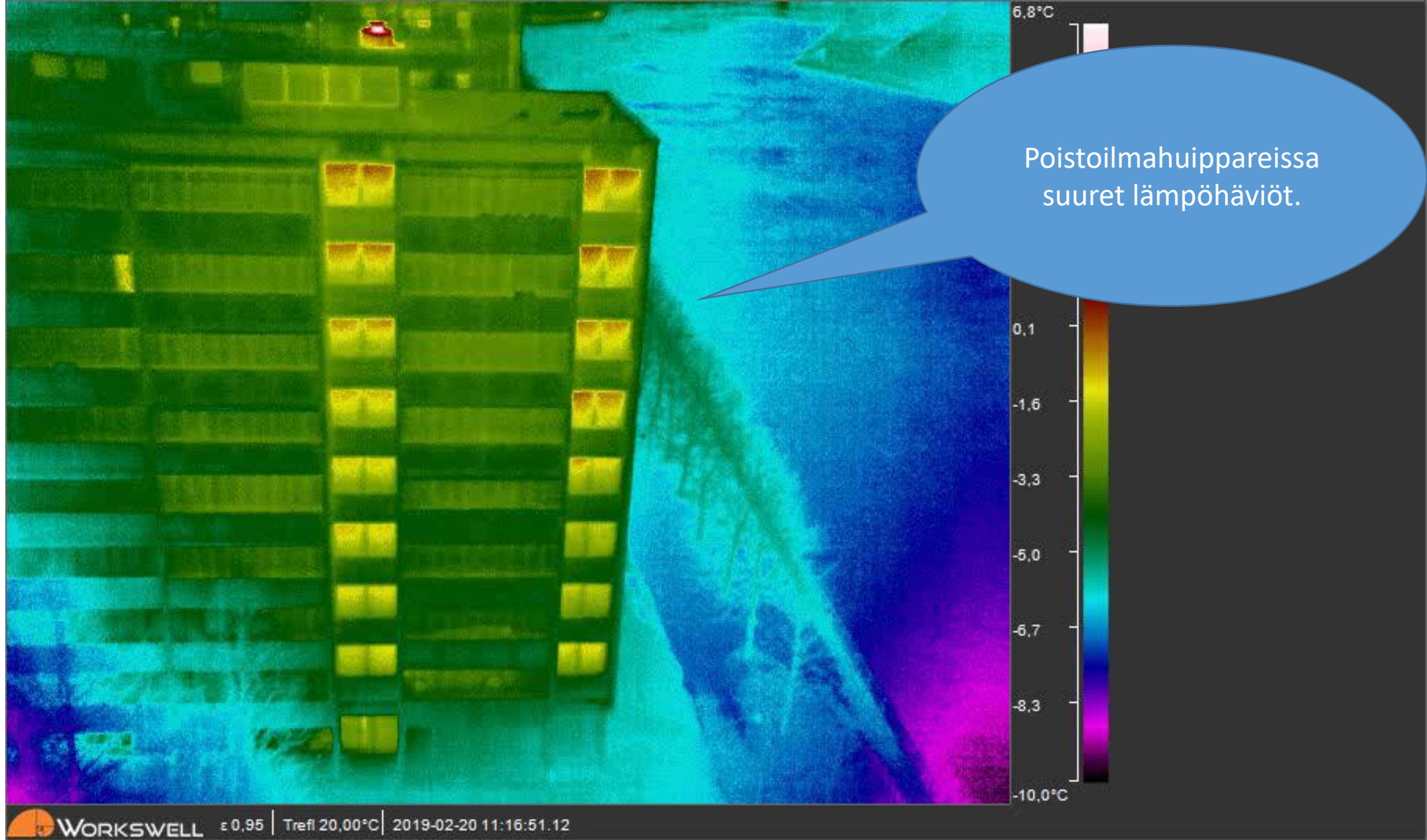
**Käyttötilanne!  
Yläosissa lievä  
ylipaine!**





**Esim. 5**

**1970-luvun  
lähiöiden  
kuvaus!**



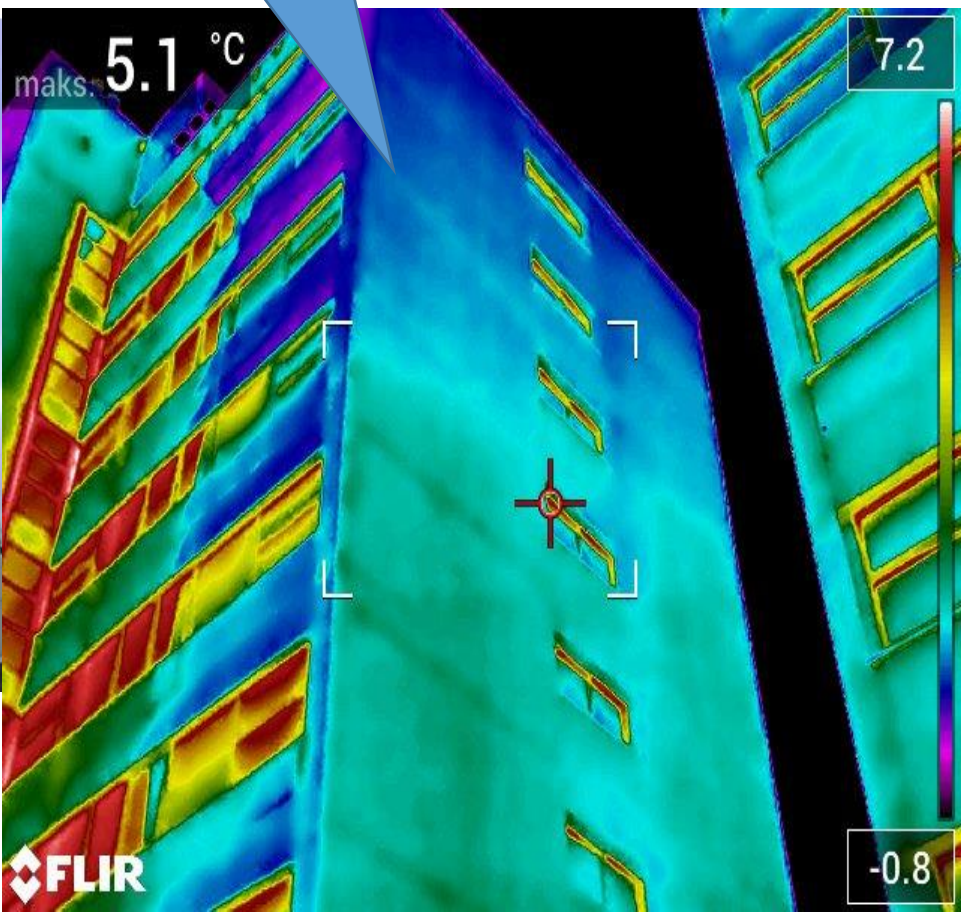
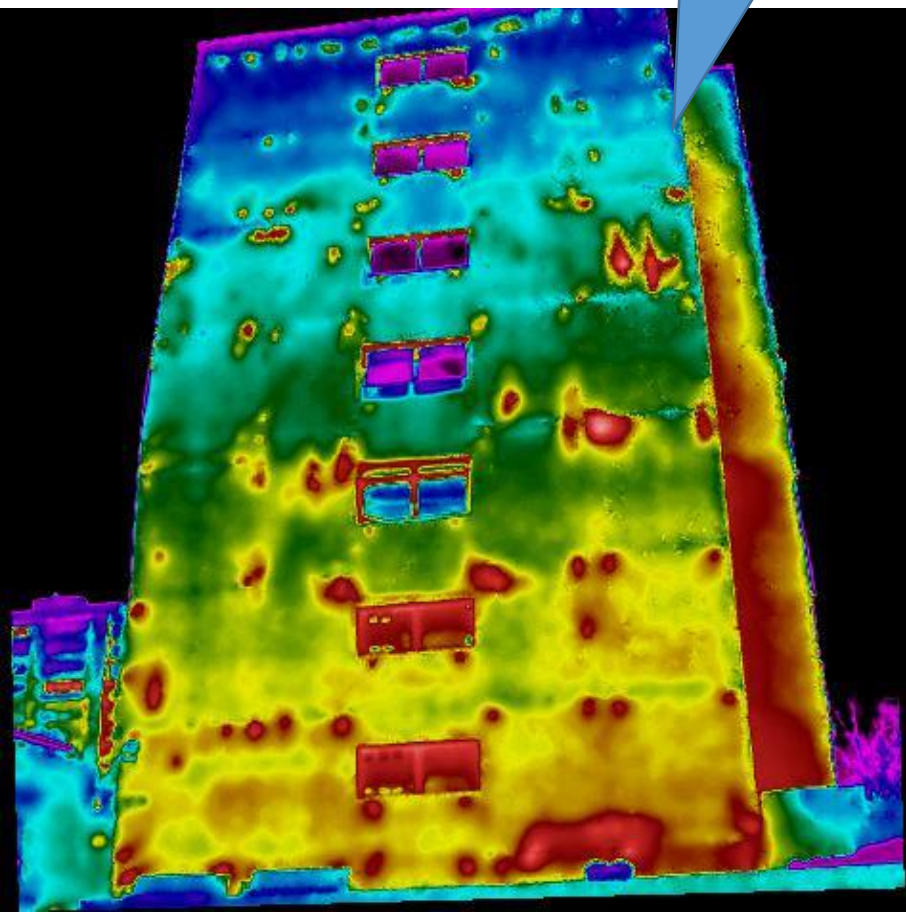


**Esim. 5**

**1970-luvun  
lähiöiden  
kuvaus!**

Julkisivussa suuret  
eristevirheet!

Naapuritalo jossa ei ole  
eristevirheitä!





**Esim. 6**

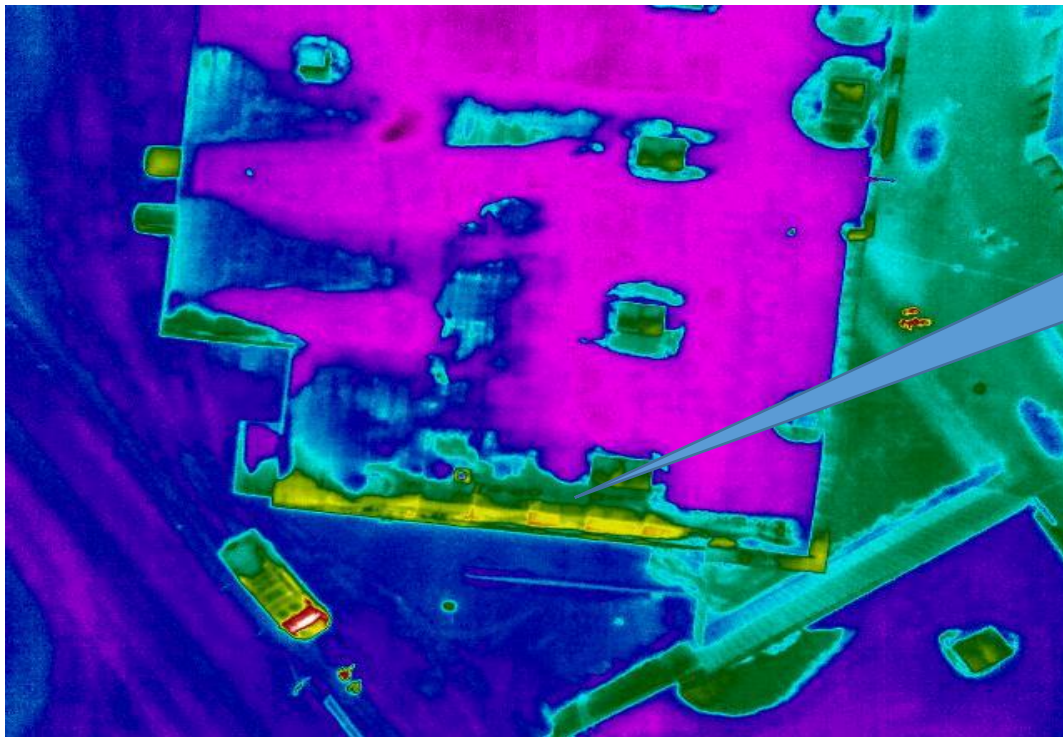
**Liikuntahalli  
2010**

**Suuri  
energiakulutus +  
kosteusongelmia.**



**Esim. 7**

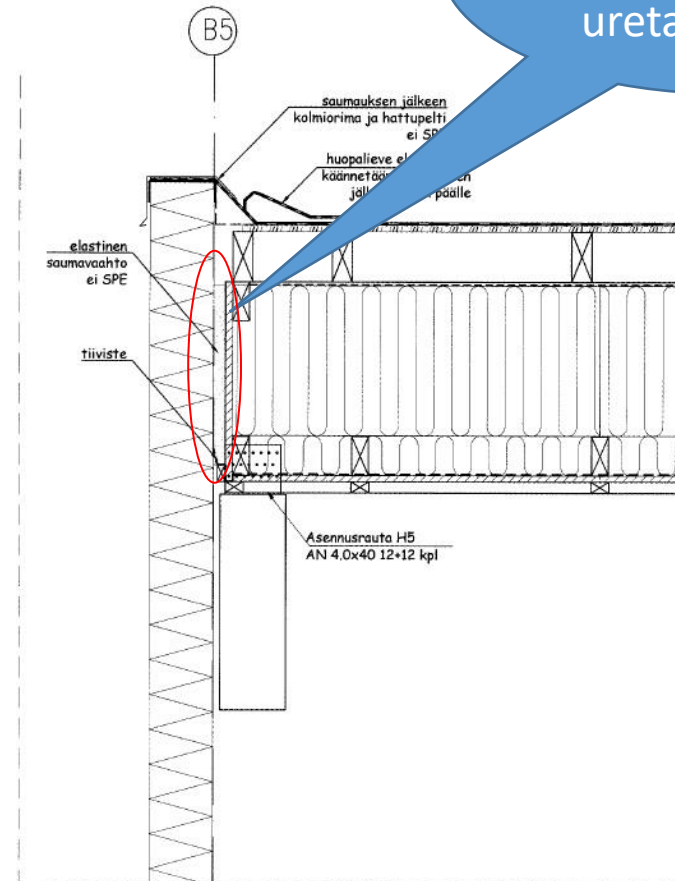
**1970-luvun  
lähiöiden  
kuvaus!**



Liikekeskuksen  
katossa suuri  
ilmavuoto.



Ongelmaksi  
paljastui puuttuva  
uretaanieristys



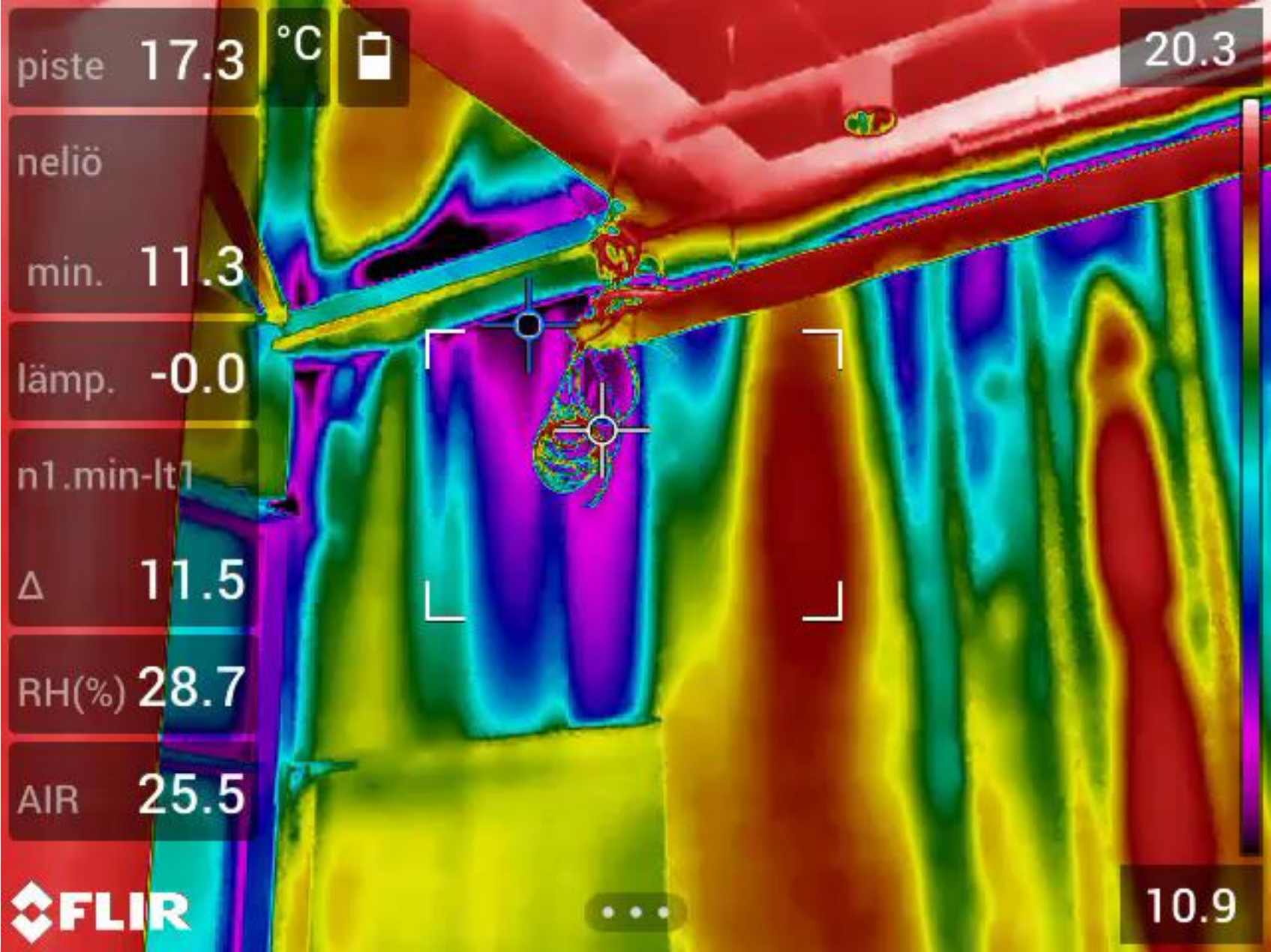


Rakennuksen paineistus!





Sisäpuolinen lämpökuvaus!



# TULOKSET

*Tutkimusten höyty ja oleellisimmat löydökset. Oliko UAV lämpökuvauksesta merkittävää hyötyä kiinteistön omistajalle? Arvosana 0=ei hyötyä, arvosana 5=merkittävä hyöty jota ei muilla ainetta rikkomattomilla menetelmillä olisi löydetty.*

| Kohde                   | Vallitseva<br><b>Alipaine</b><br>mittauksen aikana | Vallitseva<br><b>Ylipaine</b><br>mittauksen aikana | Sisäpuolinen<br>lämpökuvaus | Ilmavuotoluku | Oliko UAV<br>lämpökuvauksesta merkittävää<br>hyötyä kiinteistön<br>omistajalle? 0...5 |
|-------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Asuinkerrostalo 4 krs   | -5...-8                                            |                                                    |                             |               | 5                                                                                     |
| Kaupungintalo           | -50                                                |                                                    | Kyllä                       | 3,4           | 4                                                                                     |
| Asuinkerrostalo 5krs    |                                                    | 9                                                  | Ullakkokuvaus               |               | 4                                                                                     |
| Omakotitalo             | -50                                                | 50                                                 | Kyllä                       | 4,5           | 2                                                                                     |
| Asuinkerrostalo         | -20                                                |                                                    | Kyllä                       |               | 2                                                                                     |
| Rivitalo 4 taloa        |                                                    |                                                    |                             |               | 4                                                                                     |
| Asuinkerrostalo 14krs   | -5...-15                                           |                                                    | 3 asuntoa                   |               | 3                                                                                     |
| Asuinkerrostalo 8krs    |                                                    |                                                    |                             |               | 3,5                                                                                   |
| Asuinkerrostalo 8krs    |                                                    |                                                    |                             |               | 2,5                                                                                   |
| Toimistokerrostalo 8krs |                                                    |                                                    | Kyllä                       | 1             | 2                                                                                     |
| Uimahalli               | -50                                                | 50                                                 | Kyllä                       | noin 1,5      | 5                                                                                     |
| Kauppakeskus 1-2 krs    | -20...-50                                          | 50                                                 | Kyllä                       | 1...2,5       | 4,5                                                                                   |
| Teollisuushalli         | -50                                                | 50                                                 | Kyllä                       | 0,8           | 4                                                                                     |



# TULOKSET

Tärkeimmät havainnut kohteista.

| Kohde                   | Löydäksyet                                                                                                |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Asuinkerrostalo 4 krs   | Katon kosteusvaurioiden paikantaminen. Ongelma-alue havaittiin.                                           |
| Kaupungintalo           | Lähtötiedot peruskorjausta varten. Eristevika vesikatolla.                                                |
| Asuinkerrostalo 5krs    | Ullakon lämpövuodot + poistoilman lämpöhäviöt                                                             |
| Omakotitalo             | Tiiveys ei muuttunut höyrynsulun purkamisen jälkeen                                                       |
| Asuinkerrostalo         | Ikkuna-asennuksen laadunvarmistus. Ei löydöksiä alipaineen takia.                                         |
| Rivitalo 4 taloa        | Yläpohjan eristevirheiden paikantaminen. Räystäään lämpövuodot.                                           |
| Asuinkerrostalo 14krs   | Yhdessä elementtisaumassa havaittiin lieviä eristevikoja.                                                 |
| Asuinkerrostalo 8krs    | Poistoilmahuippareiden kautta syntyvät lämpövuodot.<br>Rakennuksen päädyissä melko suuria eristevirheitä. |
| Asuinkerrostalo 8krs    | Poistoilmahuippareiden kautta syntyvät lämpövuodot.                                                       |
| Toimistokerrostalo 8krs | Ei merkittäviä löydäksiä. Julkisivussa eristevikoja.                                                      |
| Uimahalli               | Merkittäviä eristevikoja yläpohjan ja ulkoseinien<br>elementtisaumoissa sekä ilmavuotoja liitoksissa.     |
| Kauppakeskus 1-2 krs    | Merkittäviä eristevikoja yläpohjan elementtisaumoissa sekä<br>ilmavuotoja elementtiliitoksissa.           |
| Teollisuushalli         | Vesikaton vuotopaikkojen havainnointi. Vuotopaikat havaittiin.                                            |

# TULOKSET

UAV-kuvauksen ja perinteisen lämpökuvauksen vertailutaulukko. Ilmalämpökuvauksen hyötyjä arvioitiin 5 eri kriteerillä jokaisessa tutkimuskohteessa.

| <b>Rakennus-<br/>vuosi</b> | <b>Kohde</b>            | <b>Aikasäästö</b> | <b>Kustannus-<br/>säästö</b> | <b>Työturval-<br/>isuus</b> | <b>Havainnon<br/>selkeys</b> | <b>Muiden<br/>tutkimusten<br/>poistuminen</b> | <b>Keskiarvo</b> |
|----------------------------|-------------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------|------------------|
| 1880                       | Asuinkerrostalo 4 krs   | 5                 | 4                            | 5                           | 2                            | 3                                             | <b>3,8</b>       |
| 1910                       | Kaupungintalo           | 5                 | 4                            | 5                           | 4                            | 5                                             | <b>4,6</b>       |
| 1913                       | Asuinkerrostalo 5krs    | 5                 | 5                            | 5                           | 3                            | 2                                             | <b>4</b>         |
| 1940                       | Omakotitalo             | 2                 | 2                            | 3                           | 5                            | 2                                             | <b>2,8</b>       |
| 1960                       | Asuinkerrostalo         | 1                 | 1                            | 5                           | 0                            | 1                                             | <b>1,6</b>       |
| 1970                       | Rivitalo 4 taloa        | 4                 | 4                            | 5                           | 4                            | 3                                             | <b>4</b>         |
| 1978                       | Asuinkerrostalo 14krs   | 5                 | 4                            | 5                           | 4                            | 3                                             | <b>4,2</b>       |
| 1979                       | Asuinkerrostalo 8krs    | 5                 | 3                            | 5                           | 5                            | 4                                             | <b>4,4</b>       |
| 1980                       | Asuinkerrostalo 8krs    | 5                 | 4                            | 5                           | 4                            | 4                                             | <b>4,4</b>       |
| 1990                       | Toimistokerrostalo 8krs | 3                 | 3                            | 5                           | 4                            | 3                                             | <b>3,6</b>       |
| 2010                       | Uimahalli               | 5                 | 5                            | 5                           | 5                            | 4                                             | <b>4,8</b>       |
| 2018                       | Kauppakeskus 1-2 krs    | 5                 | 5                            | 5                           | 5                            | 3                                             | <b>4,6</b>       |
| 2019                       | Teollisuushalli         | 4                 | 4                            | 5                           | 1                            | 2                                             | <b>3,2</b>       |



# JATKOA...

- Aiheesta on tehty esitys  seminaariin 2020.

## PITKÄN TÄHTÄIMEN SUUNNITELMIA

□ Laajempi hanke käyntiin:

- Timo Kauppinen, Mutsal Tmi
- Jussi Rönty, VTT Oulu
- Anne Tuomela, Oulun yliopisto
- Anssi Rauhala, Oulun yliopisto
- Antti Niemi, Oulun yliopisto
- Sauli Paloniitty, Paloniitty Oy (Skypellä etänä mukana)
- Sami Siikanen, VTT Kuopio

# OHJEET TULEVAISUUDEN TOIMINTAAN

Ilmavuotojen paikantamiseen ohjeena voidaan antaa seuraavia vaatimuksia:

- ☐ Lämpötilaeron tulisi olla vähintään 5 C astetta. Suositeltavaa kuitenkin vähintään 10 C.
- ☐ Paine-eron tulisi olla vähintään 15Pa. Suositeltavaa kuitenkin vähintään 30Pa.
- ☐ Paine-eron tulisi vaikuttaa, ennen lämpökuvausta, vähintään 30min. Suositeltavaa kuitenkin vähintään 60min.